

Année 1932

THÈSE

N°
584

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

Diplôme d'Etat

par

LOUIS MAXIME DERAMOND

EXTERNE DES HOPITAUX DE PARIS. ELÈVE DE L'ÉCOLE DE SERVICE
DE SANTÉ MILITAIRE

Né le 29 Mai 1908 à St-CLOUD (Seine et Oise)

Étude de l'influence de la
dépression atmosphérique
expérimentale et du vol en
avion sur l'activité rénale.

Président : M^r le Professeur Léon BINET

IMPRIMERIE MOUYSET

145 bis, Rue d'Alésia, 145 bis
PARIS

1932

188

Année 1932

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

Diplôme d'Etat

par

LOUIS MAXIME DERAMOND

EXTERNE DES HOPITAUX DE PARIS. ELÈVE DE L'ÉCOLE DE SERVICE
DE SANTÉ MILITAIRE

Né le 29 Mai 1908 à St-CLOUD (Seine et Oise)

Étude de l'influence de la
dépression atmosphérique
expérimentale et du vol en
avion sur l'activité rénale.

Président : M^r le Professeur Léon BINET

IMPRIMERIE MOUYSET

145 bis, Rue d'Alésia, 145 bis
PARIS

—
1932

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIÈRE.
Anatomie médico-chirurgicale et chirurgie expérimentale	GRÉGOIRE.
Physiologie	LÉON BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	DESGREZ.
Bactériologie	N...
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	CLERC.
Pathologie chirurgicale	MARION.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU
Thérapeutique	LOEPER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	M. VILLARET.
	CARNOT.
Clinique médicale	BEZANÇON.
	ACHARD.
	Marcel LABBÉ
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBoullet.
Clinique des maladies des enfants	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
	LENORMANT.
Clinique chirurgicale	CUNÉO.
	LEJARS.
	GOSSET.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	LEGUEU.
	COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements	BRINDEAU.
	JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBRÉDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Clinique de la tuberculose	LÉON BERNARD.
	HOVELACQUE.
Professeur sans chaire	MAUCLAIRE.
	MULON.
	VERNE.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.	
ALAJOUANINE	Neurologie et psychiatrie.
AUBERTIN	Pathologie médicale.
BÉNARD Henri..	Pathologie médicale.
BROCO	Pathologie chirurgicale.
BRULÉ	Pathologie médicale.
BUSQUET	Pharmacologie.
CADENAT	Pathologie chirurgicale.
CATHALA	Pathologie médicale.
CHABROL	Pathologie médicale.
CHAILLEY-BERT..	Physiologie.
CHEVALLIER	Pathologie médicale.
DOGNON	Physique.
DONZELOT	Pathologie médicale.
ECALLE	Obstétrique.
FÉY	Urologie.
GASTINEL	Bactériologie.
GATELLIER	Pathologie chirurgicale.
DE GAUDART	
D'ALLAINES	Pathologie chirurgicale.
GIROUD	Histologie.
HALPHEN	Oto-rhino-laryngologie.
HARVIER	Pathologie médicale.
HAZARD	Pharmacologie.
HUGUENIN	Anatomie pathologique.
HUTINEL	Pathologie médicale.
JOANNON	Hygiène.
LABBÉ (Henri)..	Chimie biologique.
LAROCHE (Guy).	Pathologie médicale.
LEVEUF	Pathologie chirurgicale.
LÉVY-VALENSI ..	Neuro-psychiatrie.
LIAN	Pathologie médicale.
MONDOR	Pathologie chirurgicale.
MOREAU	Pathologie médicale.
MOULONGUET ..	Pathologie chirurgicale.
MOURE	Pathologie chirurgicale.
OBERLING	Anatomie pathologique.
OLIVIER	Anatomie.
PIÉDELIEVRE ..	Médecine légale.
PORTES	Obstétrique.
QUÉNU	Pathologie chirurgicale.
RICHET	Physiologie.
SANNIÉ	Chimie biologique.
SÉZARY	Dermatologie et syphili-
	graphie.
TROISIÈRE	Pathologie expérimentale
	et comparée.
VALLERY-RADOT..	Pathologie médicale.
(Pasteur)	Obstétrique.
VAUDESCAL	Ophthalmologie
VELTER	Obstétrique.
VIGNES	

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS EN EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.		MM.	
LEQUEUX	Obstétrique.	NEVEU-LEMAIRE	Parasitologie.
LEROUX	Anatomie pathologique	REITTERER	Histologie.
		ZIMMERN	Physique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

MM.		MM.	
ABRAMI	Clinique médicale.	MOCQUOT	Clinique chirurgic.
CHIRAY	— id. —	PROUST	— id. —
DEBRÉ	— id. —	SCHWARTZ	— id. —
DUVOIR	— id. —	LE LORIER	Clinique obstétric.
BASSET	Clinique chirurgic.	LÉVY-SOLAL	— id. —
CHEVASSU	— id. —	METZGER	— id. —
HEITZ-BOYER	— id. —	GUÉNIOT	— id. —

V. — CHARGÉS DE COURS

MM MAUCLAIRE, professeur sans chaire	Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidents du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes.
FREY	Stomatologie.
CHAILLE -BERT	Education physique.
LEDoux-LEBARD	Radiologie clinique.
WEIL-HALLÉ	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MES PARENTS

A CEUX QUI ME SONT CHERS

A MES AMIS

A M. LE PROFESSEUR LEON BINET

*Professeur de Physiologie à la Faculté de Paris,
Médecin de l'Hôpital Necker,
qui nous fait le très grand honneur
de bien vouloir présider cette thèse
et nous a aidé de ses conseils.*

*Nous le prions d'agréer
avec nos sincères remerciements
l'expression de notre profond respect.*

A M. LE MEDECIN-COLONEL J. BEYNE

*Directeur du Laboratoire d'Etudes Médico-
physiologiques de l'Aéronautique
qui nous a inspiré ce sujet,
nous a admis dans son laboratoire,
et a bien voulu nous guider de ses conseils
et de son expérience.*

*Qu'il veuille trouver ici l'expression
de notre inaltérable reconnaissance
et de notre respectueux dévouement.*

A NOTRE MAITRE LE DOCTEUR J. BELOT

*Electroradiologiste des Hôpitaux de Paris
qui nous a enseigné la Radiologie.*

*Nous le prions de trouver ici
l'expression de notre respectueuse reconnaissance
pour la bienveillance
qu'il nous a toujours témoignée.*

A NOTRE MAITRE
LE DOCTEUR CLAUDE GAUTIER

Médecin des Hôpitaux de Paris.

Nous fûmes son élève pendant deux années.

*Qu'il veuille trouver ici
l'expression de notre respectueuse gratitude
pour l'enseignement qu'il nous a dispensé.*

A NOS MAITRES DANS LES HOPITAUX :

M. LE PROFESSEUR P. DELBET

M. LE PROFESSEUR J.-L. FAURE

M. LE PROFESSEUR CH. LENORMANT

M. LE DOCTEUR PICHON

M. LE PROFESSEUR P. SICARD (in memoriam)

M. LE PROFESSEUR F. WIDAL (in memoriam)

A NOS MAITRES DU VAL-DE-GRACE

A tous l'expression de notre profonde gratitude.

AVANT-PROPOS

Depuis ces dernières années l'aviation tend de plus en plus à affirmer sa place dans notre activité, soit dans le domaine militaire, soit dans le domaine commercial où les voyages sont de plus en plus longs et de plus en plus nombreux et où la tendance s'affirme d'aller plus haut pour aller plus vite, soit dans le domaine sanitaire où l'avion, aux T. O. E. et surtout au Maroc, a rendu de nombreux services, soit enfin dans le domaine touristique.

Il nous a semblé utile et intéressant de faire porter notre travail sur le comportement du rein vis-à-vis des conditions physiques spéciales qu'exigent le vol en avion.

Nous avons eu la bonne fortune d'être aidé dans cette tâche par M. le Médecin-Colonel J. Beyne qui nous a inspiré cette thèse et a mis à notre disposition le Laboratoire d'Etudes médico-physiologiques de l'Aéronautique où nous pûmes faire nos expériences en dépression expérimentale sur le chien et le lapin.

Nous tenons à remercier M. le capitaine Proust, M. le lieutenant Pépin et MM. les pilotes de la section d'entraînement du 34^e R.A., de leur excellent accueil qui nous a permis d'effectuer nos recherches dans une atmosphère de cordialité que nous avons appréciée.

INTRODUCTION

Il y a déjà longtemps que l'attention fut attirée sur les troubles de l'activité rénale engendrés par la dépression atmosphérique. Il nous suffira de rappeler la communication à l'Académie des Sciences faite par D. Jourdanet en 1874 : « influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme » qui rapportait la diminution notable de l'excrétion uréique à la suite d'une tourmente qui avait créé une chute barométrique de plusieurs centimètres.

C. Jackson analysant les urines émises en montagne signala le métabolisme particulier de l'azote en altitude : l'urée diminuait alors que la moitié de l'azote urinaire était représentée par des corps alloxyriques.

En 1905, H. Guillemard et R. Moog expérimentant d'abord à Paris, puis au mont Blanc, observèrent chez l'homme une baisse notable du volume de l'urine émise pendant les premiers jours, suivie d'une décharge urinaire progressive précédant le retour à la normale. En étudiant les divers éléments de l'urine,

ils virent que le résidu fixe diminuait d'une manière importante pour revenir à la normale en cinq jours.

La rétention chlorurée était particulièrement nette. Sous l'influence de la meiopraxie rénale l'azote total retenu dans l'organisme diminuait dans l'urine.

On notait un fléchissement de la production de l'urée et une diminution de son élimination; en compensation sous l'influence de la baisse des oxydations apparaissait une plus forte proportion de bases puriques.

De même les phosphates et les sulfates urinaires diminuaient.

Sur l'animal maintenu en dépression, R. Moog constata aussi une azotémie importante, décelable surtout par dosage de l'azote total.

Dastre signala le fléchissement de l'excrétion uréique pendant l'asphyxie par défaut d'oxygène, aussi dans les troubles observés en altitude, H. Guillemard et R. Moog virent une manifestation de l'anoxhémie aboutissant à une sorte d'urémie passagère à type digestif : céphalée, anorexie, nausées, asthénie.

Hopf, étudiant l'excrétion de jeunes athlètes en montagne, confirma les notions précédentes.

G. Ferry, expérimentant sur des aviateurs et sur lui-même, tant en avion qu'en dépression expérimentale, constata après le retour au sol une élimination

urinaire parfois peu modifiée, parfois très restreinte quantitativement mais toujours diminuée qualitativement.

A. Paillier trouva, en vol, une diminution de l'urée sanguine en même temps qu'une légère déficience de l'activité rénale.

B. Alliotta remarqua dans l'urine émise pendant le vol une diminution de l'urée, des sels ammoniacaux et des phosphates; une rétention nette des chlorures, une augmentation de l'acide urique, des corps alloxuriques et des bases alcalines, témoignant un ralentissement des oxydations et une insuffisance sécrétoire rénale. Après le vol ces modifications persistaient.

Notons enfin que les aviateurs qui ont beaucoup volé se plaignent assez souvent de céphalées, anorexie, nausées et présentent un faciès plombé et amaigri. A l'examen, on peut constater une rétention azotée et une toxicité urinaire augmentée.

Pour notre part, nous avons pratiqué des recherches sur la constante d'Ambard après le vol en avion; nous avons fait des épreuves d'élimination des colorants en dépression et en vol. Enfin nous avons dosé le chlorure de sodium urinaire avant, pendant, après le vol.

C'est le résultat de ces travaux que nous exposons dans les pages suivantes avec les réflexions et conclusions que nous ont suggérées ces recherches.

CHAPITRE PREMIER

MODIFICATIONS de la CONSTANCE D'AMBARD SOUS L'INFLUENCE DU VOL

La recherche de la constante uréo-sécrétoire d'Ambard fournit des renseignements sur l'état fonctionnel du rein et sur le métabolisme de l'urée. Elle nous fait connaître le rapport qui existe entre le taux d'urée sanguine d'une part, et le débit et le taux de l'urée dans l'urine d'autre part à une phase donnée du fonctionnement organique; ce rapport étant constant chez un sujet placé dans les mêmes conditions : être à jeun et dans les mêmes circonstances physiologiques.

Le simple dosage de l'urée urinaire des 24 heures peut très bien nous donner un chiffre normal et correspondre à un taux élevé d'urée sanguine traduisant une rétention azotée.

De même, un taux d'urée sanguine peut être normal et être accompagné d'une baisse de l'excrétion uréique indiquant alors un ralentissement de l'uréogenèse.

Au contraire la constante d'Ambard comparant ces deux taux et le débit uréique, nous renseigne sur le cycle du métabolisme uréique tant au point de vue production qu'élimination.

Elle nous est donnée par la formule :

$$K = \frac{Ur}{\sqrt{\frac{D \times \sqrt{C}}{5}}}$$

où Ur = taux d'urée sanguine au litre;

C = concentration de l'urée dans l'urine prélevée rapportée au litre;

D = débit uréique rapporté à 24 heures.

Technique des recherches précédemment effectuées.

A. Paillier, qui étudia la question, se soumettait au régime suivant :

Vols du matin : la veille repas normal mais sans viande, le lendemain matin aucune alimentation ni solide ni liquide.

Vols de l'après-midi : la veille régime normal; le lendemain matin, au petit déjeuner, une tasse de café faible; quelques pommes de terre au déjeuner.

A l'arrivée sur le terrain, première miction; un quart d'heure après prise de sang; deuxième miction à une heure repérée; c'est cette dernière émission urinaire qui servait au dosage.

En vol, quand l'avion était en palier à l'altitude choisie, le même protocole opératoire avait lieu.

Les dosages de l'urée étaient effectués par le procédé à l'hypobromite pour l'urine; par celui au xanthidrol pour le sang.

Il effectua ainsi 7 vols dont il consigna les résultats dans le tableau suivant (voir p. 20). De ces expériences il résulte que :

1° La concentration de l'urée dans l'urine diminue en altitude; le froid et l'altitude semblent avoir le plus d'action sur cette baisse (exp. II et VI);

2° Contrairement à ce qui est constaté en montagne, on note une augmentation de la quantité d'urine émise d'autant plus grande que l'altitude atteinte est plus forte;

3° En conséquence le débit uréique remonte sans toutefois atteindre celui constaté au sol;

4° L'urée sanguine baisse sensiblement;

5° L'urée diminuant dans le sang alors que le débit uréique fléchit dans l'urine, il est logique d'expliquer ce phénomène par un ralentissement de la production d'urée;

6° La constante uréo-sécrétoire augmente légèrement, il y a donc diminution de l'activité rénale.

	Ascension 1	Ascension 2	Ascension 3	Ascension 4	Ascension 5	Ascension 6	Ascension 7
Concentration de l'urée dans l'urine							
Au sol	17,00	15,5	11,63			13,82	13,25
En altitude ..	15,75	13,75	10,69			12,13	11,53
Volume d'urine émis (24 heures)							
Sol	1392	1152	1512			1382	1440
En altitude ..	1364	1200	1600			1440	1584
Débit de l'urée dans l'urine							
Sol	23,262	17,856	17,68			18,27	19,02
En altitude ..	21,48	16,50	17,10			17,03	18,268
Taux de l'urée dans le sang							
Sol	0,444	0,428	0,357	0,466	0,376	0,375	0,385
En altitude ..	0,476	0,381	0,351	0,430	0,371	0,372	0,353
Constantes d'Ambard							
Sol	0,100	0,112	0,102			0,102	0,103
En altitude ..	0,114	0,112	0,104			0,108	0,108

Les résultats obtenus par Paillier sont précis et concordants. Aussi avons-nous tenu ces données comme acquises d'autant plus que des difficultés matérielles nous empêchaient d'avoir l'aide nécessaire pour effectuer en vol les ponctions veineuses. Toutefois si la déficience rénale au point de vue excrétion uréique était mise en évidence pendant le vol, du moins devons-nous rechercher dans quelle mesure elle varie après le retour au sol; c'est qu'en effet si le mal des aviateurs n'est en majeure partie que le mal des montagnes, ou mieux des altitudes, retardé par l'absence des facteurs qui relèvent de l'activité physique, il n'en présente pas moins certaines manifestations surtout après l'atterrissage qui permettent de l'individualiser.

Le mal des montagnes apparaissant entre 3000 mètres et 4000 mètres est caractérisé par une sensation de fatigue avec engourdissement débutant par les membres supérieurs et la face; on constate aussi de l'anorexie, des nausées et des vomissements ainsi qu'un ralentissement des facultés intellectuelles.

Le mal des aviateurs apparaît au-dessus de 5.000 mètres. En général pendant le vol les troubles subjectifs sont peu marqués. Dans un cas, à 5.000 mètres, nous avons éprouvé une céphalée assez violente avec nausées mais n'ayant rien absorbé depuis 19 heu-

res qu'un verre d'eau nous étions arrivés sur le terrain avec une céphalalgie déjà sensible.

Après l'atterrissage on peut constater différents troubles. C'est d'abord dans des organismes pas encore adaptés à la navigation aérienne, des signes rappelant l'urémie digestive (céphalée, nausées, pâleur, asthénie, anorexie) surtout sensibles chez les vagotoniques. Par ailleurs après des vols assez longs et délicats ou après des missions, pendant la guerre, on pouvait constater chez les aviateurs une dépression générale avec augmentation de l'émotivité, une loquacité exagérée, enfin un besoin impérieux de sommeil. En effet si l'activité rénale fléchit au cours du vol la déficience du métabolisme de l'azote conditionnée par l'anoxhémie relative masque le phénomène. Au sol les échanges reprennent leur valeur alors que le rein n'a pas encore retrouvé son activité normale.

Aussi nous a-t-il semblé utile de comparer sur nous-même la constante uréo-sécrétoire obtenue au sol après le vol avec notre constante habituelle.

Pour ce faire nous avons profité des vols au cours desquels nous pratiquions l'épreuve d'élimination de la phénolsulfonephthaléine, ces vols étant les plus importants que nous ayons effectués.

Technique de nos recherches.

La veille au dîner pas de viande; le lendemain matin aucune alimentation.

Les expériences projetées pendant le vol nous obligeaient à pratiquer au sol vers 6 heures du matin une injection de P. S. P. après ingestion de 75 cc. d'eau. De même vers 10 heures nous pratiquions pendant le vol une nouvelle injection précédée de l'absorption de 75 cc. d'eau. A 11 h. 30, les expériences en vol étant terminées nous revenions au sol.

Pour rechercher la constante d'Ambard après le vol nous pratiquions comme il suit :

A 12 h. 30, les urines d'une première miction étaient jetées; 15 minutes après nous faisons prélever par ponction veineuse 25 cc. de sang auquel on ajoutait une pincée de fluorure de sodium et après un temps exactement repéré de l'ordre de 30 minutes une miction totale nous donnait les urines à analyser. Nous avons ainsi tous les éléments pour trouver la constante uréo-sécrétoire après le vol en avion.

Nous prenions alors un repas copieux; le soir, le dîner était sans viande, comme la veille, en vue de rechercher le lendemain notre constante habituelle au sol; le lendemain matin nous ne prenions aucune

alimentation solide; à 6 heures et 10 heures environ nous absorbions 75 cc. d'eau pour réaliser les conditions diététiques de la veille. Nous nous soumettions à un repos relatif de façon à fournir un travail musculaire comparable à celui de la matinée précédente et à 12 h. 30 nous pratiquions la recherche de notre constante suivant la technique indiquée.

Les dosages furent réalisés par la méthode au xanthidrol qui se combine à l'urée pour donner la xanthylurée insoluble dans les solvants habituels. L'urée représente en poids le septième de la combinaison.

Dosage dans l'urine

1° Dilution de l'urine au cinquième.

2° 10 cc. de cette dilution sont additionnés de 35 cc. d'acide acétique cristallisable et de 10 cc. d'une solution de xanthidrol dans l'alcool méthylique absolu.

3° Agiter de temps en temps. — Au bout de 2 heures filtrer le précipité obtenu sur un filtre taré.

4° Laver à l'alcool méthylique.

5° Dessécher à 105° et peser.

Dosage dans le sang

Déféquer les albumines par le réactif de Tanret.

Chlorure mercurique 1,71

Iodure de potassium 7,2

Acide acétique cristallisable.. 66,6

Eau Q. s. p..... 100 cc.

le filtrat est ensuite traité comme l'urine.

Résultats

Vol du 29 juillet 1932.

Montée à 4000 m. en 30' palier de 1 heure à cette altitude, la température était de $+ 1^{\circ}$ dans la carlingue, descente en 30'.

Pendant ce vol qui était notre premier à une altitude importante, nous n'avons éprouvé qu'une légère céphalée. A l'atterrissage pâleur marquée du visage. La céphalée s'accroît et 15' après nous nous plaignons de nausées, anorexie, sueurs profuses et tendance à la somnolence. C'est une heure après le début de ces accidents que nous décidons de pratiquer la recherche de la constante d'Ambard. Vers 15 heures ces troubles disparaissent et nous pouvons nous restaurer. Toutefois la pâleur et la lassitude ne s'effacent que dans la soirée. Le lendemain épreuve au sol.

Nous avons obtenu:

Après le vol.	Urines..	Volume en	30	=	34 cc.
			24 h.	=	1634 cc.
	Urée	C	11,5		
		D	18,8		
	Sang: urée: 0,386		K	=	0,087

Au sol.....	Urines..	Volume en	30' = 37 cc.
			24 h. = 1767 cc.
	Urée	C = 12,12	
		D = 21,41	
Sang: urée: 0,30			
			K = 0,071

Vol du 6 octobre 1932.

Montée en 20'. Palier de 1 heure à 4.000 m.,
température dans la carlingue — 6°.

L'ascension fut bien supportée, sauf une cépha-
lée à peine sensible pendant les 10 dernières mi-
nutes passées à 4.000 m. Descente en 25'. A l'at-
terrissage, pâleur du visage, anorexie très légère.

Nous avons obtenu:

		Volume en	30' : 33 cc.
		24 h. : 1,584 cc.	
	Urines..		
Après le vol.	Urée	C =	10,21
		D =	17,75
	Sang: urée:	0,348	K = 0,092

		Volume en	35' : 45 cc.
		24 h. : 1,875 cc.	
	Urines..		
Au sol....	Urée	C =	13,49
		D =	25,29
	Sang: urée:	0,332	K = 0,072

CONCLUSIONS

De l'examen de ces résultats il ressort que :

1° La quantité d'urine émise qui en altitude accusait une tendance à l'augmentation, diminue légè-

rement après le retour au sol, ce qui correspond aux observations de G. Ferry qui avait remarqué après le séjour aux hautes altitudes ou après passage dans le caisson à dépression, souvent une diminution du volume urinaire, parfois une valeur normale mais toujours

2° une baisse qualitative. En effet la concentration en urée de l'urine est moindre que normalement, d'où il résulte un fléchissement dans l'élimination globale de l'urée, le débit urinaire ayant tendance à diminuer.

3° La constante uréo-sécrétoire est augmentée, traduisant une légère déficience de l'activité rénale.

4° Enfin on note une augmentation sensible de l'urée sanguine. Certes elle ne va pas jusqu'à un chiffre pathologique, mais il n'en reste pas moins vrai qu'elle traduit l'insuffisance excrétoire rénale en même temps que la reprise des oxydations normales de l'organisme.

En résumé nous pouvons dire que le rein qui déjà en altitude présente un léger degré de meio-pragie comme l'a montré Paillier, ne reprend pas immédiatement, après le retour au sol, son activité normale ce qui est d'autant plus sensible que les déchets organiques retrouvent, semble-t-il, leur importance habituelle.

CHAPITRE II

I. — ELIMINATION DES COLORANTS

Pour corroborer les résultats acquis, nous avons jugé utile d'étudier les modifications apportées par l'altitude et la dépression atmosphérique dans l'élimination des colorants usités en clinique (phénol-sulfone-phtaléine et bleu de Méthylène).

II. — ELIMINATION DU BLEU

DE METHYLENE

C'est par ces recherches que nous avons commencé nos travaux; elles nous ont permis de nous familiariser avec la technique parfois délicate du laboratoire, avec ses difficultés, ses déceptions; ce

sont ces ennuis qui nous ont appris le calme et la patience lorsqu'une expérience menée à bien échoue au seuil du but à la suite d'un incident imprévisible, ce sont eux qui nous ont enseigné à procéder méthodiquement, à préciser notre technique afin de pouvoir mener nos recherches à bien dans les meilleures conditions possibles. Aussi avons-nous volontairement éliminé toute une série de travaux de début où l'insuffisance de mise au point préalable provoquait des résultats trop concluants ou trop contradictoires.

L'épreuve d'élimination du bleu de méthylène fut précisée par Ch. Achard et J. Castaigne qui en fixèrent le protocole et donnèrent les premiers résultats.

Pour apprécier l'activité rénale au moyen de cette recherche il faut considérer :

- 1° le délai d'apparition du bleu dans l'urine,
- 2° la durée d'élimination,
- 3° le rythme de l'élimination,
- 4° la quantité de colorant éliminé,
- 5° le rapport entre bleu et chromogène éliminés.

Or pour cette série de recherches qui nécessitent une observation de plusieurs jours et par conséquent un long séjour en dépression, nous avons utilisé le

lapin. Devant les mictions absolument irrégulières de cet animal, force nous fut de modifier l'interprétation et dans nos résultats nous n'avons considéré que :

- 1° la durée d'élimination,
- 2° la quantité du bleu éliminée,
- 3° le rapport entre bleu et chromogène éliminés.

D'ailleurs la valeur de cette recherche pour l'exploration exclusive de l'activité rénale est légèrement modifiée du fait que le bleu subit un métabolisme complexe dans l'organisme et que son élimination traduit en même temps que l'activité rénale, l'intensité des processus biologiques internes.

En effet, par suite de phénomènes de réduction, le bleu injecté va circuler dans l'économie sous forme de leucodérivé ou chromogène incolore. De ce chromogène une partie, non éliminée, a une destinée que nous ignorons absolument.

L'autre partie arrivant au niveau des reins sera éliminée soit sous forme de leucodérivé, soit sous forme de bleu après oxydation au niveau des reins. Il faut d'ailleurs noter que ce bleu possède certaines propriétés physiques différentes de la solution injectée : c'est ainsi que la solubilité dans le chloroforme du bleu éliminé est meilleure; de même on constate une instabilité de la teinte avec tendance à la

réduction en chromogène. Toutefois ces travaux nous donnèrent des résultats intéressants.

Technique des recherches. — Nous pratiquions une injection de 5 cc. d'une solution de bleu de méthylène à 1/1.000 dans la masse musculaire sacrolombaire. La seringue avait été tarée par pesée, puis repérée grâce à deux traits (l'un sur le corps, l'autre sur le piston) dont la coïncidence nous permettait de réaliser l'injection d'une quantité constante de colorant : 5 milligrammes. Les urines étaient recueillies sur un plan incliné de verre bordé au mastic à sa périphérie, sauf sur le côté le plus bas où la bordure affectant la disposition en V ouvert au sommet donnait issue à l'urine vers une fiole à expériences munie d'un entonnoir. La cage métallique permettait l'écoulement intégral sur ce plan de verre de l'urine émise; un plancher de toile métallique fine arrêtait matières et débris alimentaires qui auraient pu modifier sa couleur propre. Le régime alimentaire restait le même pour une série de deux expériences, l'une au sol, l'autre en altitude à huit jours d'intervalle environ pour éliminer la possibilité de lésions rénales par des injections de bleu trop souvent répétées.

La dépression barométrique fut obtenue expérimentalement dans le caisson de 10 m³ du Laboratoire d'Etudes médico-physiologiques de l'Aéronau-

tique au Val-de-Grâce. La montée à 7.000 mètres correspondant à une pression de 307 mm. de Hg que nous pratiquions en 20' fut effectuée bientôt en 10', le lapin supportant facilement cette variation barométrique. Les vannes étaient alors fermées et le lapin demeurait dans cette atmosphère jusqu'à émission d'urine. Le retour à la pression normale s'effectuait alors en 5', les urines étaient immédiatement recueillies et la décompression se faisait en 10'. Le caisson n'accusant qu'une baisse de 5 cm. de Hg en vingt-quatre heures, l'animal restait donc soumis à une dépression à peu près constante. La grande capacité de l'appareil permettait à deux lapins un séjour prolongé en dépression sans que le taux de CO_2 dans l'atmosphère du caisson s'élevât suffisamment pour avoir une influence biologique.

Cependant, pas plus que nous n'avons le droit d'appliquer à l'homme les résultats obtenus sur l'animal, nous ne pourrions conclure à l'analogie avec ce qui se passe en avion; certes nous avons réalisé une dépression satisfaisante, mais notre caisson n'était pas refroidi et l'on trouve en altitude des températures avoisinant le 0° et même très inférieures. Par ailleurs on ne pouvait réaliser ni le bruit assourdissant du moteur, ni le brassage énergique de l'air, deux facteurs qui ont une place importante en navigation aérienne. Enfin l'expérience durant plu-

sieurs jours, il se produisait une adaptation dont nous verrons plus loin les résultats.

Dosages. — Les urines, acidifiées par addition d'acide acétique à 1/10, étaient portées à l'ébullition pour transformer en bleu le chromogène qui existait souvent en forte proportion ou même était seul éliminé. Après refroidissement elles étaient ramenées à leur volume initial.

Pour le dosage nous avons utilisé deux méthodes.

1° Par comparaison de 2 colonnes : l'une d'une solution étalon de bleu, l'autre de l'urine à analyser, dans le colorimètre de Duboscq. La lecture directe de deux graduations et une règle de trois suffisaient pour obtenir le taux de bleu. Mais cette méthode rapide et simple comportait dans le cas particulier de nombreux inconvénients. C'était d'abord l'urine trouble du lapin qui se prêtait mal à l'observation sous forte épaisseur; il fallait donc se contenter le plus souvent de comparaisons entre teintes faibles et l'on connaît la trop grande approximation que l'on obtient de cette façon. Par ailleurs et surtout pour des taux de dilution assez forts, la teinte propre de l'urine dominait et gênait considérablement le dosage, d'autant plus que l'épaisseur de liquide était plus petite. L'observation après interposition de verres colorés dans l'appareil éliminait la teinte pro-

pre de l'urine mais ne nous donnait que des résultats irréguliers et contradictoires. Enfin l'établissement d'étalons par solution de bleu dans l'urine résolvait le problème, mais compliquait singulièrement le dosage vue la différence énorme de teinte propre et de transparence que l'on observe dans les divers échantillons d'urines émises par un même lapin au cours de la journée.

Aussi, tout en gardant cette méthode comme contrôle quand la proportion de bleu était assez forte, avons-nous adopté au bout de peu de temps

2° la méthode de A. Clerc :

Disposant de deux tubes en verre de 100 cc. environ de même qualité et de même calibre, nous plaçons dans l'un 10 ou 20 cc. d'urine à doser, suivant la concentration en bleu. Dans l'autre nous mettions la même quantité d'urine normale. Pour donner plus de rigueur au dosage, nous réalisions dans le second tube la même teinte propre que celle de l'urine à analyser grâce à un mélange judicieux de divers échantillons, ce qui avec un peu d'habitude nous fut rapidement facile. Par addition d'une même quantité d'eau dans les deux tubes, nous étendions le volume jusqu'à 90 cc. environ. Il ne restait plus qu'à réaliser l'égalité de teinte des deux côtés par apport goutte à goutte d'une solution de bleu à 1/10.000 contenue dans une burette graduée.

Un premier dosage nous donnait un résultat approximatif. Si la quantité de bleu à ajouter était supérieure à 1 cc. dans un deuxième dosage, nous retranchions ce volume de l'eau de dilution ajoutée à l'urine normale. Un troisième dosage, en permutant les tubes, donnait au résultat toute sa rigueur.

Calcul. — Soient N le volume total d'urine à doser, n (le plus souvent 10 cc. ou alors 20 cc.) le volume d'urine dosée, x le volume de solution à 1/10.000 ajoutée.

Chaque cc. de solution contient 0 mg 1 de bleu.

Dans n cc. il y avait donc 0 mg $1 \times x \times N$ de bleu.

La quantité totale de bleu éliminée est donc de

$$\frac{0 \text{ mg. } 1 \times x \times N}{n}$$

Résultats

Lapin A (poids 3.200 gr.)

AU SOL

EN DEPRESSION

Date	Nombre d'heures écoulées	Volume urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.	Date	Nombre d'heures écoulées	Volume urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.
2 Févr. 1932	7 h. 30'	63	1,701	9 Févr. 1932	5 h. 30'	38	1,87
	28 h.	132	0,642		9 h. 10'	18	0,380
	31 h. 15'	22	traces		23 h.	73	0,295
Total	31 h. 15'	217	2,343		30 h. 30'	40	0,076
				Total	30 h. 30'	169	2,621
24 Fév. 1932	10 h.	46	1,898	16 Fév. 1932	2 h.	35	1,704
	23 h. 30'	74	0,393		15 h. 30'	47	0,982
Total	23 h. 30'	120	2,291		23 h.	25	0,112
					48 h.	35	0,1
				Total	48 h.	123	2,898

Lapin 1 (3.000 gr.)

AU SOL

Date	Nombre d'heures écoulées	VOLUME urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.
------	--------------------------	------------------------	---------------------

7 Mars 1932	1 h. 30'	30	1,114
	18 h. 15'	57	0,563
Total	18 h. 15'	87	1,677

EN DEPRESSION

Date	Nombre d'heures écoulées	VOLUME urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.
------	--------------------------	------------------------	---------------------

14 Mars 1932	3 h.	42	1,362
	8 h. 45'	22	0,428
	23 h. 15'	50	0,192
	30 h.	22	0,0926
Total	30 h.	136	2,744

23 Mars 1932	10 h. 15'	75	1,42
	36 h. 20'	124	0,248
Total	36 h. 20'	199	1,668

30 Mars 1932	6 h. 15'	27	1,341
	9 h. 30'	14	0,252
	24 h. 45'	60	0,166
	32 h.	36	0,099
	48 h.	89	traces
Total	48 h.	226	1,858

Lapin 2 (3.400 gr.)

AU SOL

Date	Nombre d'heures écoulées	Volume urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.
7 Mars 1932	1 h.	73	1,467
	18 h. 15'	110	0,605
Total	18 h. 15'	183	2,072

EN DEPRESSION

Date	Nombre d'heures écoulées	Volume urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.
14 Mars 1932	8 h. 45'	95	1,935
	23 h. 15'	90	0,243
	30 h.	46	0,102
	30 h.	234	2,280

39

23 Mars 1932	10 h. 15'	24	1,488
	36 h. 30'	174	0,435
Total	36 h. 30'	198	1,923

Total	48 h.	293	2,028
-------	-------	-----	-------

Lapin 5 (3.500 gr.)

AU SOL

Date	Nombre d'heures écoulées	Volume urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.
1 ^{er} Juin 1932	22 h. 00'	286	0,797
	41 h.	165	0,059
Total	41 h.	451	0,846

EN DEPRESSION

Date	Nombre d'heures écoulées	Volume urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.
14 Juin 1932	16 h. 00'	54	0,740
	25 h.	36	0,102
Total	25 h.	90	0,842

Lapin 6 (3.500 gr.)

AU SOL

Date	Nombre d'heures écoulées	Volume urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.
1 ^{er} Juin 1932	21 h. 00'	148	1,728
	41 h.	285	0,230
Total	41 h.	433	1,950

EN DEPRESSION

Date	Nombre d'heures écoulées	Volume urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.
23 Juin 1932	10 h. 00'	45	1,280
	24 h.	150	0,525
	29 h.	95	0,150
	51 h.	294	0,227
Total	51 h.	444	2,182

Lapin 7 (2.000 gr.)

AU SOL

EN DEPRESSION

Date	Nombre d'heures écoulées	Volume urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.	Date	Nombre d'heures écoulées	Volume urinaire en cc.	Bleu éliminé en mg.
27 Juin 1932	8 h. 25'	40	1,432	4 Juill. 1932	5 h. 30'	81	1,562
	29 h. 30'	91	0,417		23 h.	55	0,487
Total	29 h. 30'	131	1,849		30 h. 30'	28	0,042
				Total	30 h. 30'	164	2,091
18 Juill. 1932	7 h.	35	1,415	11 Juill. 1932	2 h.	70	1,438
	27 h. 45'	76	0,398		16 h. 45'	22	0,346
Total	27 h. 45'	111	1,813		22 h. 15'	28	0,084
					46 h.	70	traces
				Total	46 h.	190	1,868

Lapin 8 (2.000 gr.)

AU SOL EN DEPRESSION

Date	Nombre			Bleu		
	d'heures	écoulées	urinaire	éliminé	en cc.	en mg.
11 Juill. 1932	23 h. 30'	245	1,406	23 Juin 1932	24 h. 00'	135
	48 h.	390	0,585		29 h.	34
					51 h.	43
Total	48 h.	635	1,991			0,048
				Total	51 h.	212
						2.053

Interprétation des Résultats

De la considération des tableaux précédents il découle que :

1° La quantité de bleu éliminée est plus forte en dépression. Ce résultat paraît paradoxal à première vue; cependant examinons ce qui se passe pour l'urée.

Pendant le vol en avion, malgré la meiopragie rénale, l'urée n'augmente pas et tout au contraire diminue dans le sang; c'est que l'anoxhémie relative, semble-t-il, diminue les oxydations, ce qui se traduit par une baisse de l'urée et une augmentation du taux des produits azotés sous-évolus.

A mon avis, pour le métabolisme du bleu, il faut considérer un phénomène à peu près semblable dû aussi à l'anoxhémie : les oxydations étant ralenties, le métabolisme du bleu subissait un fléchissement qui se traduisait par une plus grande quantité de colorant à éliminer par le rein et il ne faudrait pas y voir une manifestation de l'activité de cet organe; d'ailleurs cette hypothèse semble se confirmer par les remarques suivantes :

a) Dans les urines émises en dépression, le chromogène était moins stable : ainsi par simple agitation des urines dans le bocal, elles prenaient une

teinte verte beaucoup plus accentuée que pour les mêmes expériences au sol et par ailleurs la différence entre cette couleur et celle obtenue par oxydation énergique était moindre que pour cette recherche au sol. Il faut remarquer aussi que le bleu éliminé en nature avait une plus grande tendance à reprendre l'état de chromogène dans les urines au repos quand celles-ci étaient le résultat d'expériences en dépression.

b) La durée d'élimination a toujours été plus longue en dépression indiquant ainsi une baisse de l'activité rénale.

2° La fréquence des mictions est plus haute en dépression, ce qui est conforme aux observations faites pendant le vol.

Mais au rebours de ce qui se constate en avion chez l'homme, nous avons trouvé chez l'animal une diminution de la quantité globale des urines émises en dépression. Il est probable que le froid que l'on rencontre aux hautes altitudes intervient par des modifications vaso-motrices périphériques qui n'ont pu être réalisées dans nos recherches. Peut-être aussi que l'animal vivant longtemps dans cet air raréfié et se remuant a éliminé par les poumons une quantité de vapeur d'eau assez importante pour modifier l'excrétion liquide du rein et alors nous nous rapprocherions des conditions de vie en montagne (exception faite du froid).

Examinons l'élimination urinaire de plus près et pour cela calculons le débit urinaire moyen évalué en cc. par heure. Nous n'envisagerons pas la première miction qui renferme souvent des urines antérieures à la piqûre pratiquée.

Nous obtenons par exemple le tableau page 46.

De la considération de ce tableau nous sommes conduits à penser que :

1° Le débit urinaire moyen diminue sous l'influence de la dépression dès le début de l'expérience.

2° Par la suite il tend à remonter à mesure que l'expérience se prolonge pour revenir à son taux primitif ou même le dépasser.

Ces variations sont analogues à celles constatées par H. Guillemard et R. Moog au Mont-Blanc; en effet, au bout d'un certain temps, si la dépression persiste, l'organisme tend à s'adapter aux conditions d'anoxhémie relative qui lui sont imposées.

Il n'en est pas de même en avion où les vols dépassent rarement quelques heures et où la dépression atmosphérique variant souvent et rapidement, notre économie ne peut s'adapter à cet incessant déséquilibre physique.

LAPIN A

Le 2 Février	Heures écoulées.....	0	7 h. 30'	28 h.	31 h.
Au sol	Débit urinaire.....	0	6 cc. 43	6,76 cc.	
Le 9 Février	Heures écoulées.....	0	5 h. 30'	9 h. 10'	23 h.
En dépression	Débit urinaire....	0	4,80 cc.	5,30 cc.	5,33 cc.

LAPIN 1

Le 23 Mars	Heures écoulées.....	0	10 h. 15'	36 h. 20'	
Au sol	Débit-urinaire.....	0	4,72 cc.		
Le 30 Mars	Heures écoulées.....	0	6 h. 15'	9 h. 30'	24 h. 45'
En dépression	Débit urinaire.....	0	4,28 cc.	3,92 cc.	4,96 cc. 5,56 cc.

LAPIN 2

Le 23 Mars 1932	Heures écoulées.....	0	10 h. 15'	36 h. 30'	
Au sol	Débit urinaire.....	0	6,60 cc.		
Le 30 Mars 1932	Heures écoulées.....	0	6 h. 15'	24 h. 45'	32 h.
En dépression	Débit urinaire.....	0	5,52 cc.	6,04 cc.	6,68 cc.

LAPIN 7

Le 27 Juin	Heures écoulées.....	0	8 h. 25'	29 h. 15'	
Au sol	Débit urinaire.....	0	4,33 cc.		
Le 4 Juillet	Heures écoulées.....	0	5 h. 30'	23 h.	30 h. 30'
En dépression	Débit urinaire.....	0	3,14 cc.	3,73 cc.	

III. — ELIMINATION

DE LA PHENOLSULFONE-PHTALEINE

Ces recherches furent pratiquées d'abord sur le chien au laboratoire, puis sur nous-même en avion.

Elimination de la phénolsulfone-phtaléine en dépression expérimentale

La P.S.P. utilisée par L. G. Rowntree et J. T. Geraghty dès 1910 et caractérisée par sa haute puissance colorante d'où dosage plus précis, devait nous fournir des résultats plus nets et plus exacts sur l'activité propre du rein, le facteur extra-rénal ne jouant que pour une part assez faible dans son élimination.

Que comporte ce facteur extrarénal?

C'est d'abord un facteur circulatoire. Tout fléchissement de la pression sanguine et partant toute stase font baisser le taux d'élimination de la P.S.P.; c'est ainsi que chez une grande asystolique R. Levy et

M. Negro trouvèrent une élimination de P.S.P. presque nulle alors que le taux d'urée était à 0 gr. 20 dans le sang et que la recherche de la constante d'Ambard donnait 0,105.

Ensuite il y a un facteur hépatique; la proportion de P.S.P. retrouvée dans les urines diminue sous l'influence des altérations pathologiques du foie.

C'est enfin un facteur du métabolisme général; il est en effet démontré que l'état fébrile en perturbant l'activité des échanges organiques fait diminuer le taux d'élimination de P.S.P.

Examinons donc dans quelle mesure le facteur extra-rénal pouvait entrer en ligne dans nos expériences.

Il s'agissait de sujets jeunes, en bonne santé, non fébriles, dont ni l'appareil cardio-vasculaire, ni le foie, ni le système urinaire n'étaient pathologiques : au sol l'épreuve était valable, mais en altitude comment se comportaient ces organes?

Il paraît démontré que les résistances vasculaires périphériques sont augmentées surtout lors de dénivellations barométriques rapides. Sous l'influence de brusques variations de pression, il se produit des spasmes vaso-moteurs tandis que les réactions labyrinthiques provoquent des vaso-dilatations locales.

Par ailleurs la pression de l'air diminue, la proportion d'oxygène correspondant toujours à 21 %; mais la tension partielle d'oxygène demeurant égale au cinquième de la pression varie en altitude, et l'on a :

Altitude	Pression atmosphérique totale	Tension partielle d'Oxygène
Au sol...	760 mm. Hg	159 mm. Hg, soit 21 % d'atmosph.
A 1.000m.	674 »	142 » » 18,7 »
A 5.000m.	405 »	85 » » 11,18 »

Ce fléchissement de tension de l'oxygène provoque, pour satisfaire l'hématose, une circulation générale et pulmonaire plus active à la fois par vasodilatation pulmonaire et accélération cardiaque.

C'est en effet ce que l'on observe au cours du vol. Pendant la montée le rythme cardiaque s'accélère progressivement; en palier l'accélération tend à diminuer mais le pouls, plus ample, mieux frappé, ne revient pas à son rythme normal. En descente le cœur se ralentit progressivement, mais il est facile de noter à l'atterrissage une accélération résiduelle plus ou moins accentuée, fonction de la rapidité de la descente et persistant un temps variable suivant les sujets.

Du côté de la tension artérielle on observe en général comme l'a montré M. J. Beyne, une augmen-

tation de la pression moyenne dynamique (Pe) et surtout de la maxima (Mx) qui traduit la réaction du cœur. En palier elles tendent à reprendre leur valeur primitive. En descente lente la différence $Mx - Pe$ diminue surtout par augmentation de la pression moyenne; en descente rapide la chute de $Mx - Pe$ est plus forte la maxima tombant en même temps.

Donc en palier comme en montée, la tension artérielle augmentant par ses deux chiffres, il ne pouvait y avoir stase et au contraire il devait y avoir amélioration au point de vue élimination de l'eau par le rein.

Peut-être sous l'influence de la descente brusque à laquelle nous soumettions nos animaux nous trouvions-nous en présence d'une légère défaillance cardiaque, surtout nette par la diminution de la différence $Mx - Pe$. Mais celle-ci si tant est qu'elle eût été susceptible de représenter une cause de stase circulatoire survenait à la fin de l'expérience à un moment où la quantité de P.S.P. éliminée était si faible qu'il n'y avait pas lieu d'envisager une erreur de ce fait.

Quant au foie, jusqu'à quel point son activité est-elle diminuée. A notre connaissance rien de précis n'a paru sur cette question; mais en tout cas il est certain que vue la faible influence de cet organe sur l'élimination de la P.S.P., influence seulement per-

ceptibles dans les cas de grosses altérations pathologiques, une légère diminution fonctionnelle n'aurait pas eu une action sensible sur nos investigations.

Technique de nos expériences. — Sur le chien à jeun depuis la veille au soir nous pratiquions vers 2 heures de l'après-midi, le plus souvent, après une miction spontanée de l'animal, une injection de 1 cc. d'une solution de P.S.P. Bruneau à 6 0/00 dans la masse musculaire sacro-lombaire.

Au début nous ne disposions que d'une seringue de 2 cc. tarée puis repérée grâce à deux traits, l'un sur le piston, l'autre sur le corps de seringue. Mais vue la faible quantité de liquide et la puissance de coloration de la P.S.P., les erreurs personnelles prenaient de l'importance; aussi avons-nous utilisé ultérieurement la seringue à tuberculine de 1 cc., à piston plein, graduée en vingtièmes de cc. et que nous avons par précaution repérée comme la précédente.

Les urines éliminées pendant les 85' qui suivaient l'injection étaient recueillies par sondage au moyen d'une sonde filiforme en gomme N° 4. Vu le faible calibre de cet instrument, l'évacuation de la vessie nécessitait un minimum de 15'.

Pour les premières recherches nous nous sommes bornés à cette technique, mais rapidement nous nous sommes aperçus qu'une quantité résiduelle

d'urine restait dans la vessie; aussi avons-nous pratiqué l'expression vésicale à travers la paroi abdominale et terminions-nous le sondage par un lavage de vessie avec une quantité connue (20 cc. en général) d'eau stérilisée.

Dosage. — Les urines étaient alcalinisées par un excès de 2 cc. de lessive de soude et étendues jusqu'à 1 litre.

Le dosage était effectué avec le Chromoscope néphrométrique de C. Lian et G. Siguret dans lequel le taux de P. S. P. est obtenu par comparaison de la teinte des urines diluées et placées dans un tube ad-hoc, avec une série de tubes colorés et étalonnés de 5 en 5 %. Cet intervalle était suffisant pour nos expériences, les différences étant en général supérieures à ce chiffre.

D'ailleurs, pour plus de précision, affectons-nous du signe + ou — la teinte, suivant qu'elle différerait par excès ou défaut du tube étalon le plus voisin de la couleur de l'urine à doser.

Résultats

Chien n° 1, âge 9 mois, poids 9 kg 500.

	Volume urinaire	Taux de P.S.P.
18 Mai 1932, au sol.....	95 cc.	50 %
21 Mai, en dépression..... Montée à 4.000 m. en 20', palier de 40', descente 10'	90 cc.	40 %
24 Mai, en dépression..... Montée à 8.000 m. en 20', palier 40', descente 10'	80 cc.	40 % +
30 Mai 1932, au sol..... Expériences avec la se- ringue à tuberculine; ves- sie lavée, expression vési- cale.	110 cc.	50 %
22 Juin, au sol.....	99 cc.	60 % +
24 Juin, en dépression..... Montée à 6.500 m. en 8', palier 52', descente 5'.	97 cc.	55 %
30 Juin, au sol.....	98 cc.	60 %
4 Juillet en dépression Montée en 6' à 7.500 m. palier de 55', descente en 5'.	?	55 % —
6 Juillet, en dépression Montée à 7.000 m. en 6', palier de 55', descente 5'.	93 cc.	50 % ++

Chien n° 3, poids 7 kg. Chien maigre reçu dans un état de misère physiologique assez marqué.

	Volume urinaire	Taux de P.S.P.
18 Juin, au sol.....	76 cc.	45 %
20 Juin, en dépression..... Montée à 4.500 m. en 10', palier de 40', descente 10'.	75 cc.	30 % +
24 Juin, au sol	90 cc.	45 % +
29 Juin, montée en 8' à 5.000 m., palier 50', descente 10'..	76 cc.	30 % —

Chien n° 5, poids 9 kg, âge 3 ans environ.

	Volume urinaire	Taux de P.S.P.
30 Mai, au sol.....	105 cc.	45 %
31 Mai, en dépression..... Montée à 7.500 m. en 10', palier 50', descente 5'.	89 cc.	40 % —
2 Juin, au sol..... Expérience avec la serin- gue à tuberculine, expres- sion et lavage vésicaux.	97 cc.	45 % +
23 Juin, au sol.....	110 cc.	55 %
24 Juin, en dépression..... Montée à 6.000 m. en 10', palier de 50', descente 10'	101 cc.	50 % —
28 Juin, au sol.....	104 cc.	55 % +
30 Juin, en dépression..... Montée à 8.000 m. en 8', palier de 50', descente 6'.	99 cc.	45 %

Elimination de la P.S.P. pendant le vol en avion.

Ces expériences furent pratiquées sur nous-même à la base aérienne du Bourget.

Technique des recherches. — Nous avons utilisé la seringue à tuberculine qui nous avait antérieurement servi pour nos épreuves sur l'animal. Nous avons déjà indiqué au chapitre sur la constante d'Am-bard le régime préalablement suivi.

Première épreuve d'élimination de la P.S.P. : au sol.

Après une miction totale dont les urines étaient jetées, nous pratiquions au Val-de-Grâce sur nous-même vers 6 heures du matin une injection de 1 cc. de P.S.P. Bruneau dans la masse musculaire externe de la cuisse, cette région étant la seule accessible pendant le vol. Avant cette injection nous avions absorbé 75 cc. d'eau par prises fractionnées. Puis nous partions pour le Bourget où avait lieu la seconde miction 70' après la piqûre. Le trajet effectué en motocyclette n'avait demandé qu'un minimum d'effort et de travail, à peu près comparable à celui que nous fournissions en avion. Les urines recueillies et alcalinisées par un excès de 2 cc. de lessive de soude étaient étendues à 1 litre et dosées avec le chromoscope.

Nous attendions alors qu'il se soit écoulé 3 heures et demie environ depuis l'injection pour prendre place à bord d'un avion, cet intervalle étant largement suffisant pour permettre l'élimination totale de la P.S.P. injectée.

2^a épreuve de P.S.P. : en avion.

La disposition de l'appareil nous interdisant tout mouvement de quelque amplitude et surtout la station debout, nous nous sommes vu dans l'obligation de pratiquer l'évacuation vésicale par sondage. Pour éviter la gêne causée par le froid que l'on constate

aux hautes altitudes, nous commençons le sondage dès 1.000 mètres; arrivé à l'altitude voulue nous absorbions 75 cc. d'eau, puis nous pratiquons l'injection de 1 cc. de P.S.P. A partir de cet instant les urines étaient recueillies dans une éprouvette graduée de 1.000 cc.; 70' après, la sonde était enlevée, l'expérience prenait fin et nous redescendions vers le sol. A l'atterrissage nous recommençons les manipulations déjà décrites, pour effectuer le dosage. Le temps écoulé entre la fin de l'expérience et le dosage ne dépassant pas 40' il n'y avait pas lieu d'envisager une modification dans la teinte de la P.S.P. qui, on le sait, diminue en fonction de son exposition à l'air et la lumière en solution aqueuse étendue.

Résultats

Vol du 29 juillet 1932.

Montée à 3.000 mètres en 20' injection de P.S.P., absorption de 75 cc. d'eau. 10' après nous atteignons 4.000 m., la température est de -2° à l'extérieur, de $+1^{\circ}$ à l'intérieur de la carlingue. Après 1 heure de palier, soit 70' après l'injection, la sonde est enlevée et la descente s'effectue en 30'. Pendant le vol aucune sensation désagréable, sauf une légère céphalalie. A l'atterrissage pâleur marquée. 15' après nous commençons à éprouver une céphalée violente avec nausées, sueurs profuses, tendance invin-

cible à la somnolence. Cet état devait durer trois heures; c'est pendant ce temps que nous avons recherché la constante uréo-secrétoire d'Ambard.

Nous avons obtenu.

au sol	{	volume urinaire	130 cc.
		taux de P.S.P.	55 %

en altitude	{	volume urinaire	134 cc.
		taux de P.S.P.	45 %

Vol du 6 octobre 1932.

En 20' nous atteignons 4.000 mètres. Température — 7° à l'extérieur, — 6° à l'intérieur de la carlingue. A ce moment, la sonde étant déjà en place, nous absorbons 75 cc. d'eau, puis nous pratiquons l'injection de P.S.P., palier de 1 heure. Nous commençons la descente; l'expérience se termine vers 3.000 mètres à cause du froid intense. La descente est terminée en 25'.

Nous avons obtenu :

au sol	{	volume urinaire	134 cc.
		taux de P.S.P.	55 % —

en altitude	{	volume urinaire	140 cc.
		taux de P.S.P.	40 % +

Cette ascension fut bien supportée. A la descente, légère sensation de fatigue, avec pâleur marquée et anorexie à peine perceptible.

CONCLUSIONS

1° De la considération des résultats obtenus tant sur l'animal que sur nous-même, il découle qu'en dépression et en altitude le taux d'élimination de la P.S.P. diminue dans des proportions sensibles, donc diminution de l'activité rénale, ce qui correspond aux constatations faites à propos de la constante d'Am-bard.

En dépression expérimentale où nous avons de nombreux résultats, nous pouvons aisément constater que l'élimination de la P.S.P. fléchit en raison directe de l'altitude atteinte.

De même dans notre vol du 6 octobre où la température était notablement plus basse que dans le précédent, avons-nous enregistré un fléchissement plus important de l'élimination de la P.S.P.

2° Par ailleurs nous pouvons remarquer que, de même que dans les épreuves d'élimination du bleu, la quantité d'urine recueillie en dépression expérimentale chez nos chiens avait tendance à diminuer par rapport à celle éliminée au sol.

Au contraire en avion sur nous-même le volume urinaire accusait une augmentation qui, dans nos deux vols, s'est montrée plus sensible quand la température fut la plus basse; phénomène déjà constaté antérieurement.

CHAPITRE III

DOSAGE DES CHLORURES URINAIRES

Pour terminer nos recherches nous avons dosé le chlorure de Na urinaire avant, pendant et après le vol.

Technique des recherches.

La veille à 18 heures repas normal; le lendemain matin aucune alimentation, ni solide ni liquide.

Pour le vol effectué l'après-midi nous avons procédé de la manière suivante : la veille repas normal, le matin au réveil une tasse de tilleul.

Avant le départ pour le Bourget, première miction pour évacuer totalement la vessie. Sur le terrain, pendant le décollage de l'avion, une seconde miction nous fournissait les urines éliminées au sol pendant un temps connu. La troisième miction avait lieu au début de la descente, après un palier de temps va-

riable, et nous obtenions ainsi l'excrétion urinaire pendant le vol. A l'atterrissage nouvelle miction dont les urines étaient jetées. Une heure après environ une dernière miction représentait l'excrétion urinaire après atterrissage.

Dosages.

Ils furent effectués par la méthode de Charpentier-Vohlard :

1° A 10 cc. d'urine on ajoute 50 cc. d'eau, 5 cc. d'acide nitrique pur, 20 cc. d'une solution de nitrate d'argent à 29 gr. 075 par litre. Puis complète à 100 cc. avec de l'eau;

2° Agiter et filtrer;

3° Prendre 50 cc. de filtrat ajouter 3 cc. d'une solution saturée à température ordinaire d'alun de fer pur;

4° Ajouter goutte à goutte une solution de sulfocyanure de K. à 8 gr. 30 par litre, contenue dans une burette graduée, jusqu'à coloration rose persistante.

Le résultat s'obtient immédiatement en retranchant de 20 le volume de solution de sulfocyanure utilisé; il exprime le taux de Na Cl. par litre d'urine.

Résultats.

Vol du 1^{er} août 1932 :

Montée à 4.500 mètres en 20'; palier de 20';
température + 4°; descente en 20'; aucune sensation
désagréable ni en vol ni à l'atterrissage.

Nous avons trouvé :

sol	{	volume urinaire en 1 h. = 69 cc.
		taux de NaCl = 4,90

en vol	{	volume en	40' = 44 cc.
		taux de NaCl	1 h. = 66 cc.
			= 4,30

après le vol	{	volume en	1 h. = 65 cc.
		taux de NaCl	= 4,40

Vol du 8 août 1932 :

Montée à 4.000 mètres en 20'; palier de 20'; des-
cente en 20'; température à 4.000 m. = + 6°. Vol
bien supporté, nous avons obtenu :

au sol	{	volume en	1 h. 20' = 108cc.
		taux de NaCl	1 h. = 65 cc.
			= 5,10

en vol	{	volume en	40' = 46 cc.
		taux de NaCl	1 h. = 69 cc.
			= 4,90

après le vol { volume en 1 h. = 66 cc.
taux de Nacl = 4,85

Vol du 16 août 1932 :

Montée à 4.000 mètres en 30', palier de 20', puis montée à 5.000 mètres en 10'; la température est de — 2° dans la carlingue; palier de 10' à 5.000 m.; descente en 25'.

Ce vol fut effectué dans l'après-midi; à 5.000 mètres légère céphalée avec lassitude. A l'atterrissage pâleur très marquée; dans les instants qui suivent nous présentons des nausées abondantes, la céphalée est assez marquée. Nous avons obtenu :

au sol { volume en 1 h. 30 = 102 cc.
1 h. = 68 cc.
taux de Nacl = 5,10

en vol { volume en 70' = 84 cc.
1 h. = 72 cc.
taux de Nacl = 4,50

après le vol { volume en 1 h. 20 = 95 cc.
1 h. = 57 cc.
taux de Nacl = 4,60

Conclusions.

Nous ne considérerons pas ces résultats comme des faits acquis et les conclusions que nous donnerons seront sous toutes réserves. Nous ne connaissons pas notre bilan des chlorures nous ne pouvons donc pas affirmer en toute rigueur les conclusions qui vont suivre.

Nous regrettons que le temps nous ait manqué pour effectuer les contrôles nécessaires.

Pendant le vol nous constatons une diminution des chlorures coïncidant avec une tendance à l'augmentation du volume urinaire.

Après le vol, la quantité d'urine éliminée est restée soit comparable à celle obtenue au sol soit au contraire très inférieure et ceci surtout dans le vol où l'altitude et le froid furent plus forts.

Mais toutes les fois le taux des chlorures a baissé semblant indiquer une diminution de l'activité rénale. Ces résultats sont à rapprocher de ceux de G. Ferry et de B. Alliotta que nous avons cités antérieurement.

Pour nous résumer, le rein semblerait accuser une défaillance passagère sous l'influence du vol, défaillance qui persisterait un certain temps après le retour au sol.

CONCLUSIONS

Nous avons examiné au cours de ce travail l'élimination de différents composés organiques par le rein, au sol, en dépression expérimentale et en avion, et enfin après le vol. Nous avons constaté :

1° Une augmentation du volume urinaire émis pendant le vol en avion chez l'homme alors que la dépression barométrique au sol nous donnait, chez l'animal, une diminution de ce volume;

2° Une déficience fonctionnelle du rein en altitude et en dépression traduite par le fléchissement de l'élimination de l'urée et du NaCl dans les urines, par la diminution de la proportion de P. S. P. éliminée par une légère augmentation de la constante d'Ambard;

3° Malgré la meiopragie rénale une diminution de l'urée sanguine probablement en rapport avec l'anoxhémie relative;

4° Qu'après le vol, le rein conserve encore une activité ralentie : baisse du taux d'urée urinaire et

hausse de la constante d'Ambard; diminution du volume urinaire excrété;

5° Mais les oxydations semblant avoir repris leur valeur avec le retour au sol l'urée sanguine est sensiblement augmentée.

En résumé, ces résultats tendent à montrer que le rein en altitude et encore un certain temps après le vol en avion accuse un fléchissement d'ailleurs passager dans son activité. Toutefois les efforts fonctionnels que paraît imposer au rein la navigation aérienne au cours d'une carrière d'aviateur semblent imprimer leur marque et c'est pourquoi nous pouvons constater certains troubles tardifs d'ordre rénal chez les aéronautes. Aussi est-il prudent d'éliminer de cette carrière les sujets dont l'appareil urinaire n'est pas intact.

Vu : *Le Doyen*
BALTHAZARD.

Vu : *Le Président de Thèse*
Léon BINET.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris
CHARLETY.

BIBLIOGRAPHIE

- Ch. Achard.* — « Nouveaux procédés d'exploration rénale », Paris, 1902, Masson.
- Ch. Achard et A. Clerc.* — « La durée et le taux d'élimination du bleu de méthylène » (Bull. Soc. Méd. des Hôpitaux de Paris, 1900, p. 96).
- Ch. Achard et J. Castaigne.* — « Diagnostic de la perméabilité rénale » (Bull. et Mém. de la Soc. Méd. des Hôpitaux de Paris, 30 Av. 1897, p. 637).
- Idem.* — « L'examen clinique des fonctions rénales par l'élimination provoquée », Monographies cliniques du Docteur Critzmann, n° 23, Paris 1900, Masson.
- B. Alliotta.* — « La fonction rénale et les incidents en aviation » (5° Congrès de navigation aérienne, La Haye 1930, Section médicale, épreuves pp. 207-217).
- L. Ambard.* — « Physiologie des reins », Paris, 1920, Masson.
- V. Anastasiu.* — « Contribution à l'étude de la tension artérielle chez les aviateurs » (4° Congrès de Navigation aérienne, Rome, 1927, p. 65).
- R. Bayeux.* — « Le mal des aviateurs » (C. R. Académie de Médecine, 15 décembre 1919).
- P. Bert.* — « Le mal des montagnes (Revue Scientifique, 1886).
- J. Beyne.* — « L'état actuel de nos connaissances sur la physiologie de l'aéronaute » (Arch. de Méd. et de Pharm. Militaires, T. LXXV, N° 4, Oct. 1921, pp. 255-313).

- Idem.* — « Sur la relation qui unit le débit respiratoire maximum et la pression atmosphérique » (J. de Physio. et Patho. génér., N° 1, Janv. 1923, pp. 30-36).
- Idem.* — « L'avion, moyen d'étude de l'adaptation de l'organisme humain à l'Aéronautique » (Bull. de la Soc. de Méd. Milit. Française, 7 déc. 1922, p. 299).
- Idem.* — « L'examen médical du personnel navigant de l'Aéronautique » (Arch. de Méd. et Pharm. milit., T. LXXXIV, N° 5, Mai 1926, pp. 447-527).
- Idem.* — « Le mal des aviateurs; étude d'ensemble des actions physio-pathologiques exercées sur l'organisme humain par le vol en avion » (Arch. de Médec. et Pharm. Milit., T. xcv, N° 3, Oct. 1931, p. 231).
- Idem.* — « Les variations de la T.A. chez l'homme sous l'influence de la pression atmosphérique » (La Médecine, Sept. 1932, N° 16, p. 670).
- L. Binet.* — « Influence du vol sur l'organisme » (La Presse Médicale, N° 56, 4 Oct. 1919, p. 566).
- Idem.* — « Le mal des aviateurs et la sélection des pilotes militaires » (Rev. Génér. des Sciences pures et appliquées, N° 19, 15 Oct. 1917, p. 540).
- L. Camus.* — « Etude expérimentale de l'influence des variations d'altitude sur la pression sanguine » (J. de Physio. et Patho. génér., 1903, T. v, p. 443).
- J. Castaigne.* — « Epreuve du bleu de méthylène et perméabilité rénale » (Thèse méd., Paris, 19 Juillet 1900).
- M. Casteix.* — « Etude physio-pathologique de l'aviateur de guerre » (Thèse méd., Lyon, 23 Avril 1921).
- H. Chabanier et C. Lobo-Onell, M. Lebert et E. Lélou.* — « Exploration fonctionnelle des reins », Paris, 1930, Masson.
- R. Cruchet et R. Moulinier.* — « Le mal des aviateurs », (C.R. Académie des Sciences, 24 Avril 1911, p. 1114) et (J. de Physio. et Patho. génér., Mai 1911, pp. 387-393).

- Idem.* — « Le mal des aviateurs » (C. R. Soc. de Biol., 21 Juin 1919, pp. 677-679).
- Idem.* — « Le mal des aviateurs, ses causes, ses remèdes », Paris, 1920, Les Actualités médicales, Baillière.
- J. D'Harcourt, Got et A. Gasset.* — Contributo allo studio della etiologia e patogenia del male degli aviatori » (4^e Congrès internat. de navigation aérienne, Rome 1927, résumé p. 67).
- G. Ferry.* — « Le Syndrome: mal des aviateurs; étude expérimentale de la T. A. pendant le vol » (La Presse Médicale, N° 9, 14 Février 1916, pp. 65-67).
- Idem.* — « Le syndrome: mal des aviateurs; l'aptitude à l'aviation » (Thèse méd., Nancy, 3 Juillet 1917).
- Idem.* — « Le mal des aviateurs et ses conséquences éloignées » (Arch. de Méd. et Pharm. Milit., 1^{er} Juillet 1918, pp. 77-86) et (C.R. Soc. Biol., 14 Juin 1919, p. 634).
- Idem.* — « Les effets des hautes altitudes sur les aviateurs et leur genèse » (Conf. à l'Institut de Physique du Globe, Strasbourg, 12 Décembre 1919).
- Idem.* — « Influence du vol en avion sur la santé des aviateurs », 1920, Berger-Levrault.
- A. Gemelli.* — « Ricerche biologica sull'aviazione » (Giornale di Medicina Militare, fasc. 1, Janv. 1919).
- H. Guillemard.* — « Sur l'azotémie au cours du mal des montagnes » (C. R. Acad. des Sciences, 26 Octobre 1925, pp. 628).
- H. Guillemard et R. Moog.* — « Influence des hautes altitudes sur la nutrition générale » (C.R. Ac. des Sciences, 20 Nov. 1905, p. 243) et (J. de Physio. et Patho. génér., 1906, pp. 593-609).
- A. Herlitzka.* — « Fisiologia e d aviazione » (Attualità Scientifiche serie Medica, N° 16-17, Bologne 1923). — *Idem* : « Nouvelles recherches sur la physiologie des hautes altitudes » (C. R. 1^{er} Congrès internat. de navi-

gation aérienne, Paris, 1921, p. 240).

O. Josué. — « L'Asthénie des aviateurs » (C. R. Soc. de Biol., 14 Juin 1919, pp. 641-643).

D. Jourdanet. — « Influence de la pression de l'air sur la vie de l'homme (C. R. Ac. des Sciences, 1874, p. 563) et (Paris, 2 vol., 1875, Masson).

C. Juarros et A. Perrez-Nunez. — « Contribution à l'étude de la névrose des aviateurs » (C. R. Soc. de Biol., 21 Juin 1919, p. 690).

R. Lévy et M. Negro. — « La sensibilité de la P.S.P. pour l'exploration fonctionnelle des reins », (Journ. d'Urol. Méd. et Chir., T. xix, 1925, p. 208).

G. Marion. — « L'Epreuve de la P.S.P. » (Soc. Française d'Urol., 21 Mars et 20 Juin 1927).

R. Moog. — « La dépression barométrique fait apparaître l'azotémie; pathogénie du mal des montagnes » (C.R. Soc. de Biol., 13 Juillet 1913, pp. 131-132).

F. Muller. — « Uber die Auscheidung des Methylenblau durch die Nieren » (Deutsch. Archiv. f. Klin. Med., 1899, T. LXIII, p. 130).

A. Paillier. — « Urée sanguine et ascensions en avion » (Thèse méd., Lyon, 23 Décembre 1921).

M. Piery et A. Paillier. — « Urée sanguine et ascensions en avion » (Lyon Médical, 25 Juillet 1922, p. 644).

A. Policard. — « Etude sur l'élimination par le rein normal des matières colorantes étrangères à l'organisme » (Lyon, 1903, Schneider).

Ch. Richet fils. — « Cinq leçons sur les actualités physiologiques » (Paris, 1928, Baillière, pp. 94-119).

G. Reynaud et D. Olmer. — « Valeur clinique de l'épreuve du bleu de méthylène dans 343 Observations inédites » (Marseille Médical, Octobre 1899).

L. G. Rowntree et J. T. Geraghty. — « The phtalein test, an experimental and clinical study of phenolsulfone

phtalein in relation to renal funestion in health and disease » (Arch. internat. Méd., T. ix, 1912, p. 284).

Idem. — « On the study of renal function; the pronostic value of studies of renal function ». (Transact. 9th Amer. Phys. and Surg, Washington, 1919, pp. 23-29).

J. Tournier-Lasserve. — « Recherches scientifiques d'ordre médical effectuées à bord d'avions » (Inédit; analyse in Arch. de Méd. et Pharm. Milit., T. xcii, N° 2, Février 1930, p. 302).

F. Villemin. — « Les réactions cardio-vasculaires passagères et permanentes dans l'aviation, jugées par les critères d'entraînement. (C.R., Soc. de Biol., 21 Juin 1919, pp. 699-703).
